

Jenina Pitkä

Betonirakenteiden laadunvarmistus työmaaolosuhteissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikan insinööri

Insinöörityö

1.3.2018

Tekijä Otsikko	Jenina Pitkä Betonirakenteiden laadunvarmistus työmaaolosuhteissa
Sivumäärä Aika	37 sivua + 1 liitettä 1.3.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine	Projektin hallinta
Ohjaajat	opettaja Juha Virtanen työpäällikkö Tapio Koivusaari
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli käydä vaiheittain läpi betonirakenteiden laadunvalvonnan toimenpiteet työmaan näkökulmasta. Opinnäytetyö toteutettiin YIT:n ARK-yksikölle ja sen tarve syntyi viime aikoina esiintyneistä betonin lujuusongelmista. Työn tarkoitus on kerata koko valmisbetonin käytön prosessi ja tuoda esiin sen laatuun vaikuttavat tekijät, sekä uusimmat ohjeistukset.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä hyödynnettiin useita kirjallisia lähteitä, alan kirjallisuutta, ohjeita, lakeja, määräyksiä ja artikkeleita, sekä yrityksen omia ohjeita.</p> <p>Tämän opinnäytetyön pohjalta syntyi laadunvarmistuskortti, jota voidaan hyödyntää paikallavaletuissa kantavissa rakenteissa. Laadunvarmistuskortissa on viittaukset tähän opinnäytetyöhön jokaista kohtaa vastaavaan kappaleeseen, josta selviää kyseistä tarkastusta vastaavat laadulliset tekijät.</p>	
Avainsanat	Betoni, Laadunvarmistus, Lujuusongelmat

Author Title Number of Pages Date	Jenina Pitkä Quality Assurance of Concrete Structure on Construction Site 36 pages + 1 appendices 1 March 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Professional Major	Project Management for Construction
Instructors	Tapio Koivusaari, Construction Manager Juha Virtanen, Title Principal Lecturer
<p>The objective of this thesis was to go through the quality assurance process of concrete structure from the construction site perspective.</p> <p>This thesis was made for the ARK unit of YIT. The demand for it came from recent problems with the strenght of the concrete.</p> <p>The objective was to go through the whole process of using ready-mixed concrete and bring light to the quality factors as well as the newest instructions.</p> <p>Various sources were used in the making of the study, including literature focused on the field, instructions, legislation, articles and specific instructions of the company in question.</p> <p>Based on the current study, a quality assurance form was made. The form can be utilized when working with supporting structures that are cast on site.</p> <p>The quality assurance form has references to this thesis with its corresponding chapters where all the quality factors are introduced and explained.</p>	
Keywords	ready-mixed concrete, quality assurance, tolerance issues

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Mitä laatu on?	1
3	Valmisbetoni rakennusmateriaalina	2
3.1	Betoni ja kestävä kehitys	4
4	Laadunhallinta työvaiheittain	7
4.1	Laadunhallinta prosesseissa	7
4.2	Lait, ohjeet, määräykset	8
4.3	Suunnittelu	9
4.4	Työnsuoritus	10
4.4.1	Muotit ja tukirakenteet	10
4.4.2	Rauditus	12
4.4.3	Betonityöt	14
4.4.4	Jälkihoito	23
4.4.5	Lämpökäsittely	24
4.4.6	Laadunvarmistusmittaukset/-kokeet	24
4.4.7	Ongelma tilanteet: massiiviset rakenteet ja talvibetonointi	24
5	Nykytilanne	25
5.1	Lujuusongelmat	26
5.2	Tehdas	28
5.3	Työmaakäytännöt	29
5.4	Tuotantoprosessi	30
6	Tulevaisuus	33
7	Laadunhallinta YIT:llä	33
8	Yhteenveto	34
	Lähteet	36

Liitteet

Liite 1. Laadunvarmistuskortti; kantavat betonirakenteet

Lyhenteet

ARK YIT:n Asuntorakentaminen pääkaupunkiseutu -yksikkö.

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on luoda YIT:n ARK-yksikölle selkeälukuinen ohje laadukkaaseen betonityöhön. Selventää betonointiin liittyviä lakeja, ohjeita, määräyksiä, sekä käydä läpi koko prosessi tilauksesta aina laadukkaaseen lopputuotteeseen asti. Lisäksi tämän työn tuloksena syntyy laadunvarmistuskortti palvelemaan kantavia paikallavalettuja betonirakenteita. Laadunvarmistuskortissa on viittaus kappaleeseen, jossa selvennetään kyseisen tarkastuksen taustatiedot ja vaatimukset.

Tämä opinnäytetyö ohjeistaa laadukkaaseen betonityöhön työmaaolosuhteissa käymällä läpi betonin perusolemus, sen jatkuva kehittäminen ja ulkopuoliset haasteet, sekä oikeat käsittelytavat. Tässä opinnäytetyössä hyödynnetään useita kirjallisia lähteitä ja tutkimuksia, sekä artikkeleita. Pääpaino työssä on työntekijöiden ja työnjohtajien mahdollisuuksissa vaikuttaa, nimenomaan työmaalta käsin, omalta osaltaan laadukkaan betonirakenteen valmistukseen. Työssä ei tutkita muiden tahojen toimintojen vaikutusta betonin laatuun.

Betonialalla ilmenneiden lujuusongelmien vuoksi koko ala on herännyt tarkastelemaan omaa toimintaansa. Valmisbetonin jokaisen tuotantoprosessin vaiheessa on parantamisen varaa. Työmailla työskentelevien betonin tuntemuksen lisääminen, perusasioiden kertaaminen, sekä tiiviimpi yhteistyö suunnittelijoiden ja betonitehtaiden kanssa olisi avainasemassa tässä.

Tämän opinnäytetyön pohjalta syntynyt laatu-/tarkastuskortti tallennetaan yrityksen omaan järjestelmään, jolloin se on kaikkien työnjohtajien käytettävissä.

2 Mitä laatu on?

Laatu käsitteenä on hyvin moniulotteinen ja sitä on hankala avata yksiselitteisesti. Laadukkaan tuotteen, tämän opinnäytetyön aiheen näkökulmasta, voidaan ajatella olevan tuote, joka täyttää sille asetetun käyttötarkoituksen ja toimivuuden tason, sekä asiakkaan sille asettamat tavoitteet. Tuotteen tulee olla sekä terveellinen, että turvallinen.

Suomen standardisoimisliitto on asiakirjassaan SFS-EN ISO-9000:2015 määritellyt laadun seuraavalla tavalla:

"Laatua painottava organisaatio edistää kulttuuria, jonka luoma käytös, asenteet, toiminnot ja prosessit tuottavat arvoa täyttämällä asiakkaiden ja muiden olennaisien sidosryhmien tarpeet ja odotukset." [1.]

Organisaation tuotteiden ja palveluiden laatu määräytyy sen mukaan, mikä on niiden kyky täyttää asiakkaiden vaatimukset ja mikä on niiden tarkoitettu ja tahaton vaikutus olennaisiin sidosryhmiin.

Tuotteiden ja palvelujen laatuun sisältyy niiden käyttötarkoituksen ja toimivuuden lisäksi myös asiakkaan kokema arvo ja niistä saama hyöty. [1.]

3 Valmisbetoni rakennusmateriaalina

Betoni on maailman eniten käytetty rakennusmateriaali, vuosittain betonia käytetään noin 13 miljardia kuutiometriä. Betonia käytetään hyvin monipuolisesti muun muassa kantavissa rakenteissa. Käyttökohteita ovat esimerkiksi sillat, paalut, perustukset ja rakennusten rungot. Betoni koostuu kiviaineesta, sementistä ja vedestä. Betoni on keino- tekoista kiveä. Sementtiliiman, joka koostuu vedestä ja sementistä, kemiallinen reaktio kovettaa sen sementtikiveksi, joka yhdessä runkoaineen ja lisäaineiden kanssa muodostaa betonin. [2. s.18.]

Betonirakenteita on raudoitettuja ja raudoittamattomia, raudoitettuja rakenteita ovat teräsbetoni ja jännitetyt rakenteet. Raudoittamattomassa rakenteessa betoni ottaa vastaan kaiken kuorman, kun taas raudoitetut rakenteet ovat suunniteltu siten, että raudoitus yhdessä betonin kanssa ottaa vastaan kuorman. Raudoitus ottaa vastaan vetorasituksen ja betoni puristusrasituksen. Jännitetyissä rakenteissa betoniin luodaan puristavia voimia rakenteellista etua tavoitellen. [2. s.19.]

Kuitubetonissa raudoitus on korvattu kuiduilla, yleisin kuitu on teräskuitu, mutta myös lasi- ja muovikuituja käytetään. Kuitubetonia käytetään muun muassa maanvaraisissa lattioissa ja ruiskubetonoinnissa. [2. s.536.]

Markkinoille on tullut ja tulee koko aika uusia erikoisbetoneja. Esimerkiksi erilaiset graafiset betonit ovat yksi näkyvimmistä uutuuksista. Esteettisempää ilmettä on haettu betonipintoihin eri väreillä, kuvioilla ja pintakäsittelyillä.



Kuva 1. Graafinen julkisivuelementti.



Kuva 2. Kiiltäväksi hiottu julkisivuelementti.

3.1 Betoni ja kestävä kehitys

Ekologisuus on tänä päivänä merkittävä tekijä rakennusmateriaalien valinnassa. Suomen maankäyttö- ja rakennusasetusten mukaisesti rakennusmateriaalien aiheuttamia ympäristövaikutuksia tulee tarkastella sen koko elinkaaren ajalta. Merkittävimpänä osana on materiaalin energiankulutus ja hiilijalanjälki. [3.]

Materiaalin elinkaari alkaa raaka-aineiden hankinnasta ja päättyy materiaalin uudelleenkierrättämiseen tai hävittämiseen.

Sementin valmistukseen menee valtaosa betonin valmistukseen kuluva energiasta, noin 90 %. Toiseksi eniten energiaa kuluu raudoitukseen ja sen osuus on noin 10-60% riippuen, käytetäänkö kierrätettyä romurautaa vai malmipohjaista vanhaa tuotantotapaa. Suomessa betonia ja sen raaka-aineita joudutaan kuljettamaan pitkiä matkoja ja tämä lisää betonimateriaalin elinkaaren energiankulutusta. Suurin energiankulutus koko rakenteen elinkaaren ajalta kuitenkin kohdistuu rakennuksen käyttövaiheeseen, jonka osuus on 80-90%.

Sementtiä valmistetaan polttamalla kalkkikiveä noin 1450°C. Kalkkikivestä syntyy huomattava määrä hiilidioksidia sitä poltettaessa, Suomessa noin 1 miljoonaa tonnia vuodessa. [19.]

Betonin karbonatisoituminen tarkoittaa ilman hiilidioksidin tunkeutumista betonin huokosiin, jossa se reagoi betonin emäksisten yhdisteiden kanssa muodostaen kalsiumkarbonaattia. Reaktio etenee hiljalleen betonin pinnasta aina syvemmälle. Karbonatisoituminen laskee betonin emäksisyyttä neutraalille tasolle ja raudoitteita suojaannut sähkökemiallinen suoja katoaa ajan saatossa. [19. 20.]

Betonivalmistuksen hiilidioksidi päästöjä kompensoi se, että sen karbonatisoituminen sitoo osan sementinpolttamisen ilmaan tuottamasta hiilidioksidista takaisin [2. s.28]. Massiivisuutensa ansiosta betoni myös kuluttaa lämmitysenergiaa 5-15% vähemmän kuin vastaava kevytrakenteinen rakennus. [3.]

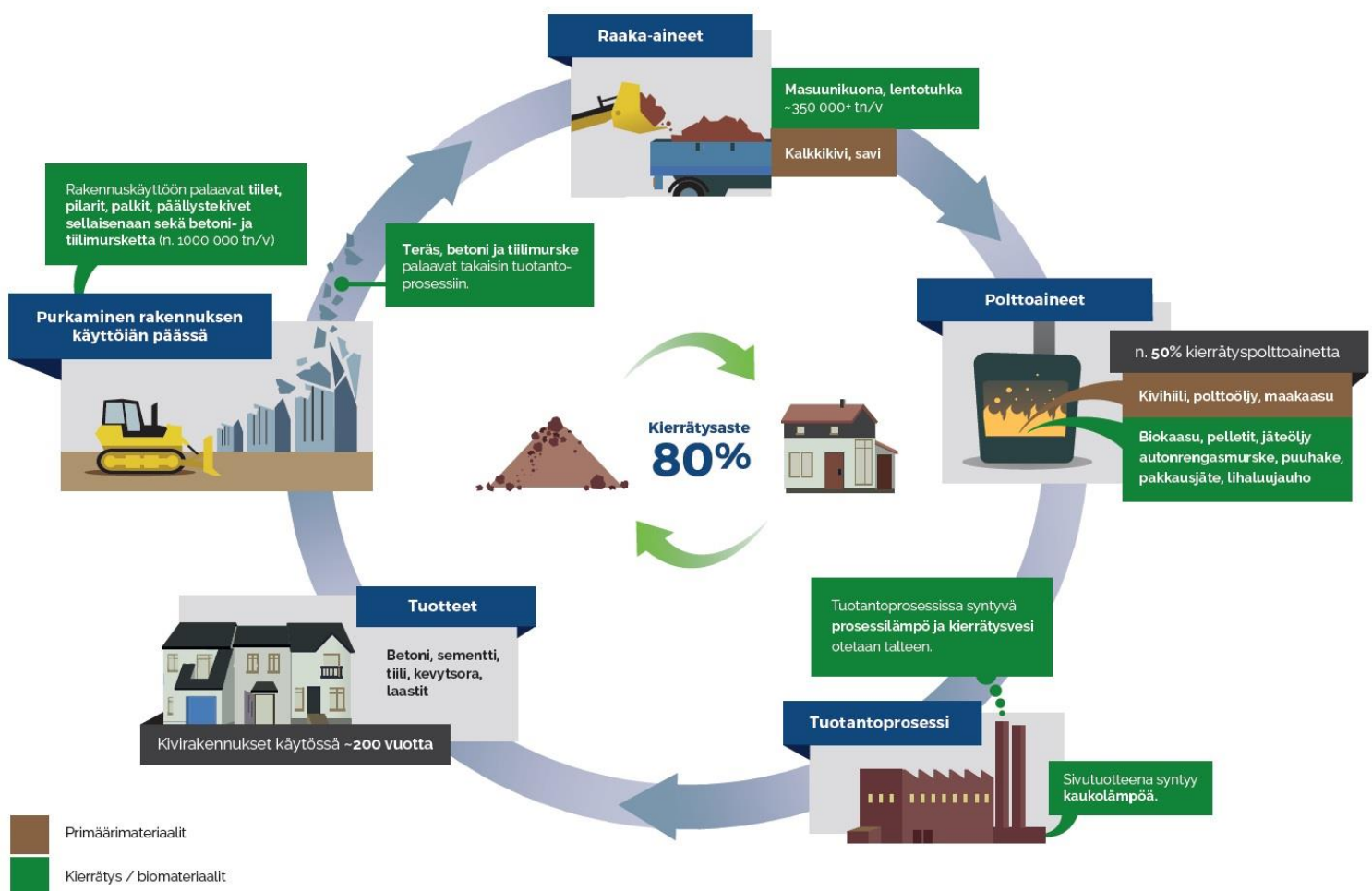
Betonirakenteenteen elinkaaritalous muodostuu sen kokonaiskustannuksista ja -tuotoista. Betonirakenne on muita edullisempi muun muassa sen käyttö- ja perusparannuskulujen osalta, sekä pitkän käyttöiän ansiosta. Betonilla on myös erittäin hyvät palon-, äänen- ja kosteudenkestävyys, jotka osaltaan pidentävät rakenteen käyttöikää ja -turvallisuutta. [3.]

Betonia pyritään kierrättämään, muun muassa vuodesta 1994 on Suomessa käytetty betonimursketta teiden ja katujen pohjissa. Suomessa betonin tämänhetkinen kierrätysaste on yli 80%. Betonimurske omaa luonnonkiviainesta paremman kantavuuden,

jonka ansiosta pohjarakennekerrokset voivat olla ohuempia, tämä taas säästää kuljetuskustannuksia. Betoni sitoo itseensä hiilidioksidia karbonisaatio reaktiossa, murskaamisen jälkeen reaktio kiihtyy pinta-alan kasvaessa. Näin murske pystyy sitomaan jopa puolet sementin valmistuksessa aiheutuneista päästöistä. [9.] Betonimursketta on saatavilla CE merkittynä, jota esimerkiksi Rudus Oy valmistaa tuotenimellä Betoroc ja Delete Oy:llä Delekivi [10, 11].

Suomessa Rudus Oy on pyrkinyt jo pitkään kehittämään niin sanottua vihreätä betonia, jonka tuottamisessa valitaan hiilidioksidipäästöjä vähentäviä ratkaisuja. Tarkoitus on pyrkiä vähentämään betonin valmistuksesta aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä muun muassa korvaamalla osa sementistä erilaisilla lisäaineilla, kuten masuunikuonalla tai lentotuhkalla. [4. s.8.]

KIVEN KIEROTALOUS



Kuva 3. Kivimateriaalien kierrätyksen pariaate, kierrätettävät ja uusiutumattomat materiaalit. [15.]

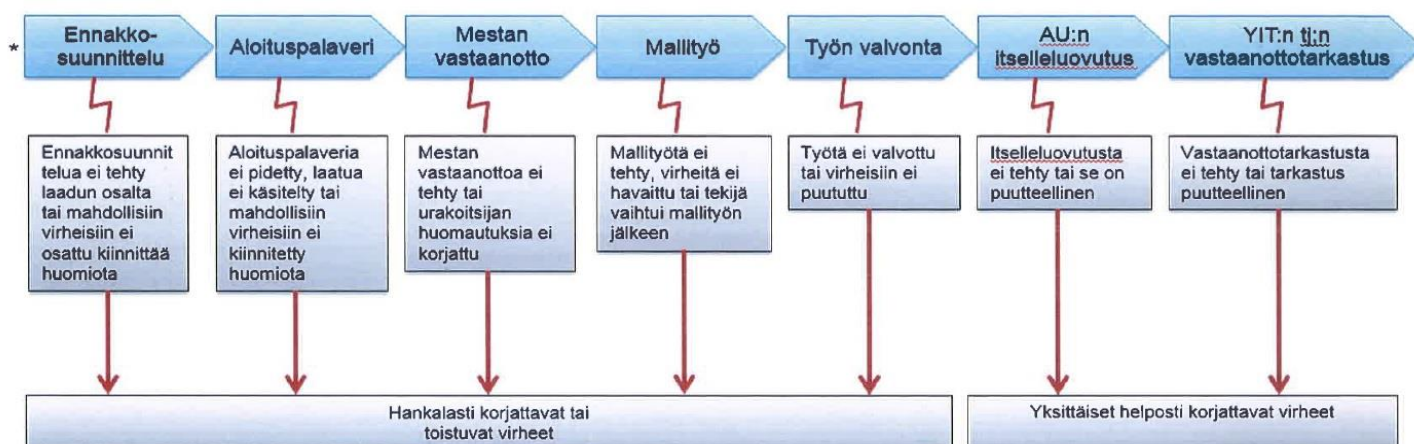
4 Laadunhallinta työvaiheittain

4.1 Laadunhallinta prosesseissa

Laadunhallinta ja tarkastustoiminta voidaan jakaa kolmeen näkökulmaan: viranomaisvaatimuksiin, hankkeiden ominaispiirteisiin ja yrityksen omaan laadunhallintaan. Viranomaisvaatimuksiin kuuluu lait, mutta näiden lisäksi on kaavan ja rakennusluvan asettamat vaateet ja rakennusvalvonnan antamat ohjeet. Hankkeen poikkeavat olosuhteet, riskirakenteet ja tilaajan erityisvaatimukset tuovat oman näkökulmansa, esimerkiksi kohteen ollessa elinkaarihanke. Jotta työvaihe saataisiin toteutettua onnistuneesti, tulisi koko laadunvarmistusketjun toimia. Päätöksiä, jotka vaikuttavat loppulaatuun, tehdään jo ennakkosuunnitteluvaiheessa. Työmaan vaikutusmahdollisuudet toteutusvaiheessa eri suunnitteluratkaisuihin ovat rajalliset.

Kuva 4. Laadunvalvonnan mahdolliset puutteet vaiheittain. [18.]

Työvaiheen laadunvarmistusketju



*Voidaan jatkaa myös hankinta- ja suunnitteluvaiheisiin

4.2 Lait, ohjeet, määräykset

Helsingin kaupungin rakennustarkastuskonttori julkaisi ensimmäiset betoninormien tapaiset ohjeet jo vuonna 1913 ja Suomen betoniyhdistys perustettiin vuonna 1925. [2. s.23.]

Rakentamista ohjaavat eurokoodit, jotka korvasivat rakentamismääräyskokoelman 1.1.2018. Muutos perustuu maankäyttö- ja rakennuslain säädösvaltuuksiin. Määräykset tullaan antamaan pykälämuotoon kirjoitettuna ja ne ovat aiempaa suppeampia ja yleisempiä. Tekniset vaatimukset tullaan kirjoittamaan ympäristöministeriön ohjeisiin, mutta nämä eivät ole juridisesti sitovia. Suomen rakentamismääräyskokoelmasta löytyy kuitenkin edelleen betonirakentamisohjeet ja betonirakenteiden suunnitteluohjeet, jotka perustuvat eurokoodeille. Lisäksi Suomessa käytetään betoninormeja, jotka ovat betoniyhdistyksen julkaisemia ohjeita ja hyväksi koettuja rakennustapoja koskien betonirakentamista. [3.]

Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeessa: ”rakenteiden lujuus ja vakaus, betonirakenteet” otetaan esimerkiksi kantaa rakenteiden suunnitteluun, toteutukseen, toteutuksen valvontaan ja rakenteiden kelpoisuuteen. Eurokoodit sallivat joissain tapauksissa kansallisen liitteen, jossa koodeja sovelletaan paikallisesti. [5.]

Ympäristöministeriö sai joulukuussa 2017 päätökseen 2013 aloitetun rakentamismääräyskokoelman uudistustyön. Uudet vaatimukset astuivat voimaan 1.1.2018. Uudistus selkeyttää sääntelyä, yksittäisiä vaatimuksia on vähennetty ja lisäksi vaatimukset on eroteltu suosituksista, kuitenkin heikentämättä laatutasoa. [11.]

Ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista 9§

”Rakennuksen tai rakenteen mahdollisesta viasta tai vauriosta aiheutuvien seuraamusten ollessa vakavia tai keskisuuria on rakennukselle osana rakenteiden toteutuksen työsuunnitelmaa laadittava toteutuksen laatusuunnitelma.”

1.1.2018 jälkeen alkavissa kohteissa tulee kantavista rakenteista tehdä aina laatusuunnitelma, tähän nimetään pätevä asiantuntija, joko rakennesuunnittelija tai ulkopuolinen asiantuntija. Asiantuntijan tehtävänä on valvoa ja todentaa laatusuunnitelman toteutumisi-

nen, sekä tehdä rakennusvalvontaan lausunto laatusuunnitelmasta, ennen aloituskousta. Laatusuunnitelmassa tulee vähintään esittää seuraavat asiat: eri työvaiheiden laadunvarmistustoimenpiteet ja tulosten raja-arvot, työnjohtotehtävien vaativuusluokat, kelpoisuuden täyttäviä työnjohtajia sekä vastuuhenkilöitä koskevat kirjaukset, suorittajien erityisvaatimuksia koskevat kirjaukset, laadunvarmistustoimenpiteiden tarkastukset ja tallenteet sekä hyväksynnit. [13.]

Betonirakenteiden valmistuksen valvonta kohdistuu muotti- ja tukirakenteisiin, raudoitukseen, jännitystöihin, betonin suunnitelmienmukaisuuteen, betonointiin, tiivistämiseen, pinnan viimeistelyyn, jälkihoitoon ja lämpökäsittelyyn. Laadunvalvonnan laajuus määräytyy toteutusluokan mukaan, joka esitetään toteutusasiakirjoissa. Betonirakenteet jaetaan niiden vaativuuden mukaan kolmeen toteutusluokkaa 1,2, ja 3, joista 3 on vaativin. Toteutusluokissa 2 ja 3 vaaditaan erillinen laatusuunnitelma, jonka on oltava työmaalla saatavilla. Laadunvalvonta-asiakirjat tulee säilyttää vähintään kaksi vuotta rakennuksen käyttöönotosta eteenpäin. [6. s.95.]

4.3 Suunnittelu

Rakenteiden suunnittelu ohjeet tulevat eurokoodeista, joita voidaan kansallisesti soveltaa. Kansallinen sopiminen sallitaan Rakennusmääräyskokoelman osoittamissa kohdissa, jotka siirtyvät 1.1.2018 maankäyttö- ja rakennuslain alle. Laadukkaan ja turvallisen lopputuotteen kannalta suunnittelulla on merkittävä rooli.

Suunnittelutehtävien vaativuusluokat ja kelpoisuusvaatimukset määrittelee maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL 120 §). Fise Oy ylläpitää rekisteriä pätevyyden omaavista henkilöistä. Pätevästi suunnittelija vastaa siitä, että betoni rakenne on suunniteltu eurooppalaisten standardien, eurooppalaisten teknisten arviointien ja kansallisen liitteen mukaisesti. Rakenteeseen kohdistuessa erityisiä vaatimuksia, voidaan suunnittelija velvoittaa antamaan lisäselvityksiä. Rakenteiden suunnittelussa tulee ottaa huomioon valmistustekniikan asettamat vaatimukset ja tarvittaessa tehdään erillinen työselostus. [6. s.10-12.]

Rakennesuunnittelijan rooli laadukkaan betonityön toteutuksessa on suuri. Kyseinen suunnittelija vastaa siitä, että rakenne on suunniteltu niin, että haluttu laatu on saavutettavissa niin lujuuden kuin työstettävyydenkin kannalta. Uusien ohjeistusten mukaan rakennesuunnittelija myös, ellei tähän ole palkattu ulkopuolista asiantuntijaa, vastaa kantavien betonirakenteiden laatusuunnitelman tekemisestä, sekä määrittelee lujuuskokeiden laajuuden.

4.4 Työnsuoritus

Työnsuoritus kattaa kaikki ne työvaiheet, jotka ovat tarpeen betonirakenteiden tai rakennosien lakien ja ohjeiden mukaisessa valmistuksessa. Valvonnan ja tarkastusten päämäärä on todentaa rakenteiden suunnitelmanmukaisuus, tämä kattaa sekä materiaalit, että toteutuksen. Tarkastuksien tulee olla dokumentoituja. Tarkastusten ja niistä tehtävien dokumentointien laajuus sekä tekijä määräytyvät toteutusluokan perusteella. Betonityönjohtajan tulee tarkastaa työvaiheet, laatia tarvittavat tarkastusasiakirjat ja varmistaa ne allekirjoituksellaan. Oleellisten työvaiheiden aikana betonityönjohtajan tulee olla itse paikalla tai muilla tavoin varmistaa työn toteutus ammattitaitoisesti ja suunnitelman mukaisesti.

Betonin valmistuksen aikana tulee tehtaalla olla aina paikalla betoniteknologiaan perehtynyt prosessinhojaaja, sekä betoniteknologiaan riittävästi perehtynyt laborantti, joka suorittaa paikalla tehtävät laadunvarmistustoimenpiteet.

Betoniauton kuljettajalla tulee myös olla riittävä pätevyys, jos hän tekee esimerkiksi ilmamäärän mittausta tai jos massaan sekoitetaan lisäaineita vielä työmaalla.

Tiedot päteviksi osoitetuista betonityönjohtajista, valmisbetonityönjohtajista ja betonilaboranteista sekä pätevyysvaatimuksista löytyy Fise Oy:ltä [6. s.56].

4.4.1 Muotit ja tukirakenteet

Muotit ja tukirakenteet suunnitellaan ja toteutetaan niin, että ne kestävät kaikki ennakoitavissa olevat rasitukset. Muottirakenteissa ei saa tapahtua haitallisia muodonmuutoksia

betonin kovettumisen aikana. Muottisuunnitelmassa on kuvattu sekä asennus- että purkumenetelmät, sekä purkujärjestys, mukaan lukien jälkituenta. Ennakoitaviin kuormiin lasketaan kuuluvaksi: muottien, raudoituksen ja betonin paino, muottipaine, kaluston ja henkilökunnan massa, sekä mahdolliset vaakakuormat kuten tuulikuorma ja talviolosuhteissa vielä lumikuorma. Muottien tulee olla tiiviitä, jottei betonin hienoaines pääse valumaan ulos. Muottimateriaalin pitää lisäksi olla puhdas eikä siitä saa liueta betoniin haitallisia aineita. Ennen betonointia muottirakenteet tarkastetaan ja dokumentoidaan. Muotit saa purkaa, kun betoni on saavuttanut 60 % nimellislujuudestaan ellei piirustuksissa toisin ole esitetty. Purkaminen ei kuitenkaan saa vahingoittaa tai heikentää betonirakenteen toimintaa. [6. s.58.]

Muotit käsitellään tyypillisesti muotti öljyllä, joka helpottaa myöhemmin muotin irrottamista kovettuneesta betonista.



Kuva 5. Peri Multiprop-holvimuottijärjestelmä

4.4.2 Raudoitus

Raudoitteet valmistetaan raudoitetehtaalla, mutta niitä saatetaan katkaista ja taivuttaa myös työmaalla. Suunnitelmista selviää raudoituksen osalta seuraavat tekijät: raudoituksen laatu, muoto, sijainti, sallittu taivutuksen halkaisija, tankojen niputtaminen, vaadittu betonipeite, tankojako, jatkosten sijainti ja minimi limityspituus, lisäksi vaativimmissa rakenteissa esitetään raudoituksen tuenta ja työteräksiset.

Raudoitteet asennetaan siten että ne täyttävät betonipeitevaatimukset. Raudoitteiden jatkokset voidaan toteuttaa limijatkoksina, hitsausmenetelmällä tai erikoisjatkoksina. Limittyvät tangot sijoitetaan kiinni toisiinsa. Kahden vierekkäisen jatkoksen etäisyys pituussuunnassa tulee olla vähintään limityspituus.

Samansuuntaisten tankojen vapaanvälin tulee olla vähintään suurin arvoista:

- Kiviaineksen suurin raekoko + 3 mm
- 20 mm
- \varnothing tangon halkaisija (≤ 55 mm).



Kuva 6. Anturamuotti, 50 mm välikkeet ja raudoitus.

Rinnakkaisten limijatkosten kohdalla eri jatkoksiin kuuluvien tankojen vapaan välin tulee olla vähintään 2ϕ tai 20mm. Raudoitteet tuetaan välikkeillä, joiden tulee kestää kaikki valun aikaiset rasitukset, lisäksi niiden pitää omata yhtä hyvä korroosiosuoja kuin rakenteen betonilla on. Raudoitteita taivutetaan myös työmaaolosuhteissa, tässä tulee huomioida, että taivutus tulee tehdä yhdellä kertaa eikä sitä saa suorittaa kuumentamalla tai alle -5 °C :n lämpötilassa. Hitsausliitokset ovat joko voimaliitoksia tai kiinnitysliitoksia. Voimaliitos toimii rakenteessa voimia siirtävänä ja kiinnitysliitos on tehty vain pitämään raudoitus koossa työn ajan. Hitsaus on sallittu vain hitsattavaksi luokitelluille teräksille. Betoniterästen valmistaja antaa hitsausohjeet. Työmaa hitsauksessa on omat haasteensa olosuhteiden takia, työ tulee kuitenkin suorittaa niin, että päästään haluttuun sitkeyteen ja lujuuteen. Työmaalla tehdään työkokeet ennen varsinaisten työn alkua ja jatkossa kuukausittain. Työkokeessa tehdään vaadittu hitsisauma vaativimmissa olosuhteissa ja sen jälkeen testataan sen suunnitelmanmukaisuus. Hitsaajalta edellytetään aina pätevyystodistus kyseiselle liitosmuodolle. [6. s.58-65.]

4.4.3 Betonityöt

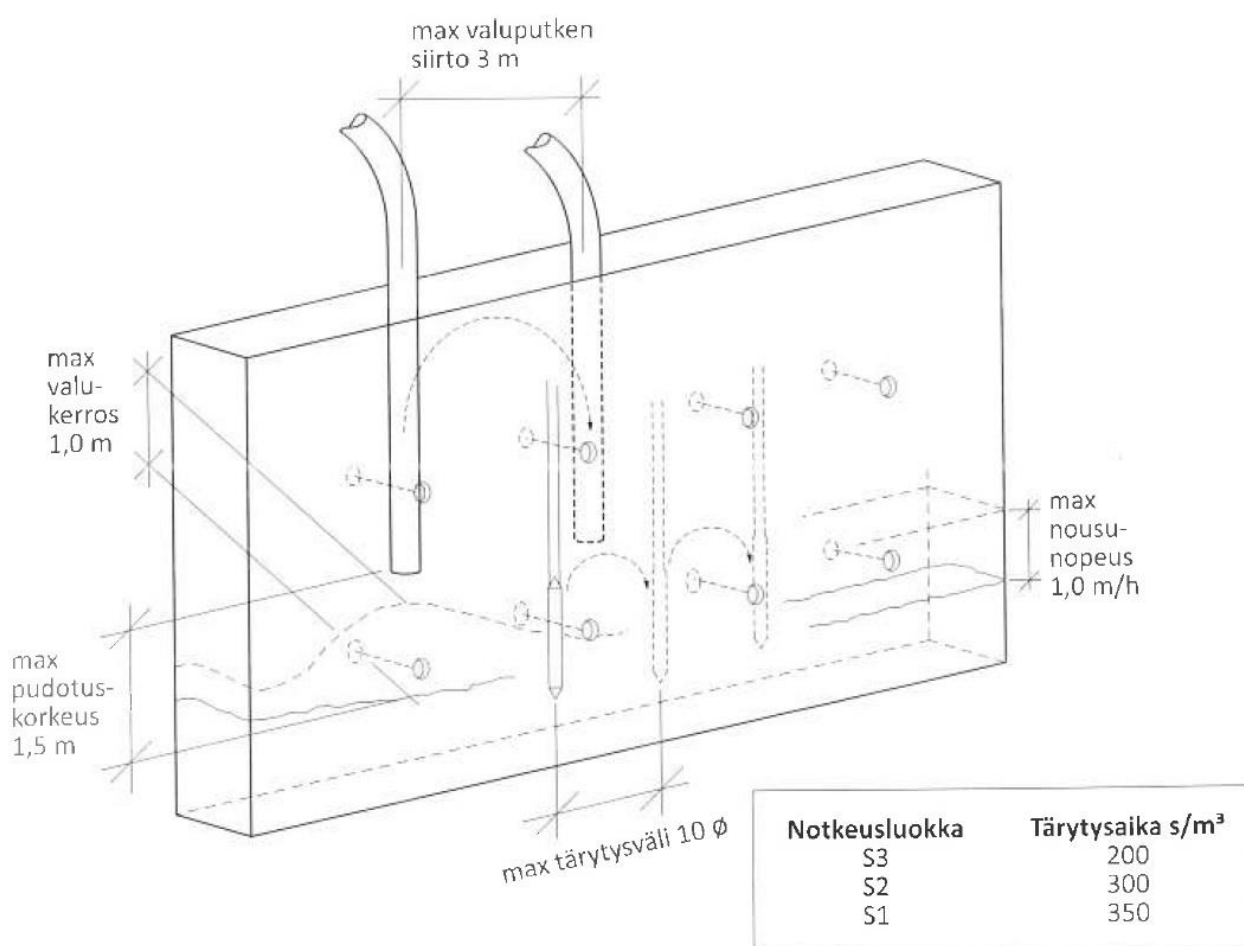
Betonitöistä tehdään aina betonityösuunnitelma, jossa tulee ottaa huomioon seuraavat seikat:

- muotit ja tukirakenteet
- raudoitus, sen tuenta, jatkokset ja betonipeite
- betonoinnin lohkojako
- liikunta- ja työsaumat
- perustiedot betonin ominaisuuksista
- betonointimenetelmä, siirrot, tiivistäminen, nopeus ja työsaumat
- aikataulu, betonimenekki, työnjohto, henkilövahvuus, häiriöihin varautuminen, laadunvarmistustoimenpiteet
- materiaalien ja toteutuksen tarkastaminen
- jälkihoito, lujuudenseuranta, muottienpurku
- talvibetonoinnin, lämpökäsittelyn tai jonkin muun erityismenetelmän toimenpiteet
- työturvallisuus.



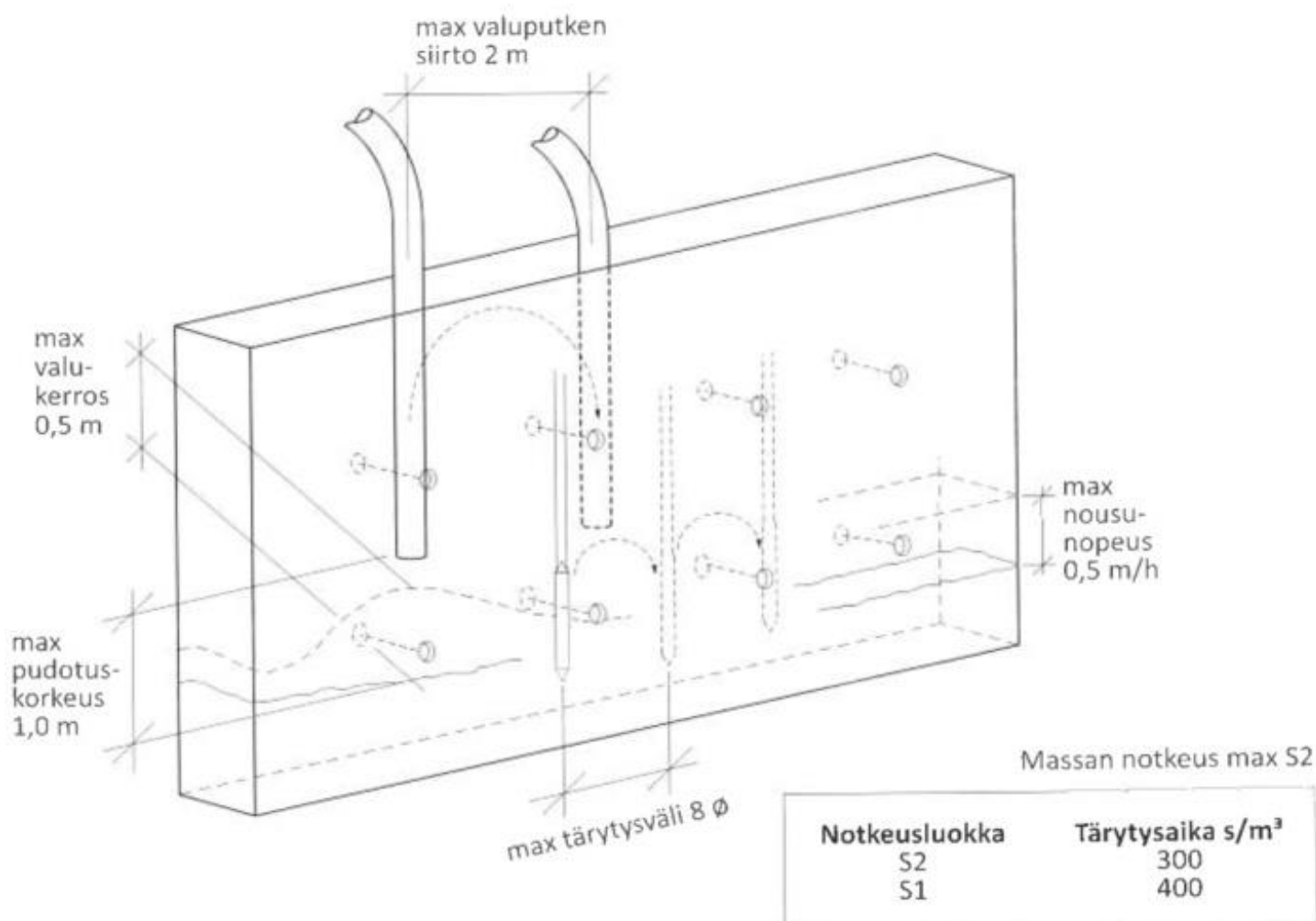
Kuva 7. Pyörintäsäiliöauto betonin kuljetukseen.

Betonimassa kuljetetaan pyörintäsäiliö autolla työmaalle ja sen siirtämiseen käytetään betonipumppua, erilaisia nostoastioita tai valukourua. Säiliöautoja löytyy eri tilavuuksilla. Suurin pyörintäsäiliöauto on tilavuudeltaan 8 m³. Betonointi tapahtuu siirtämällä betonimassa muotteihin niin että se tulee kauttaaltaan täytetyksi ja tiivistetyksi, tärkeää on huomioida, että massa liittyy saumattomasti muotissa ennestään olevaan tuoreeseen betoniin ennen kuin se alkaa kovettua. Pystyrakenteissa on lisäksi huomioitava nousunopeus, jolla estetään massan haitalliset jälkipainumat ja erottuminen, sekä estetään valupaineen liiallinen nousu. Nousunopeus pystyrakenteissa tulisi rajoittaa 0,5 metriin tunnissa. Massan pudotus korkeus tulee myös pitää mahdollisimman pienenä korkeintaan 1 metri.



Kuva 8. Betonointiohje X0 ja XC1 -rasitusluokkien seinämäisen rakenteen betonointiin. [6. s.71]

Valukerroksen paksuus saa olla enintään 500 mm kerralla. Jokaisen valukerroksen välissä massa tärytetään. Täryttämisellä pyritään saamaan massa täyttämään muotit tasaisesti, ympäröimään raudotteet täydellisesti, poistamaan ylimääräinen ilma ja saada betonin kiviaines tiiviimmin toisiinsa kiinni. Tiivistämiseen voidaan käyttää sauva-, pinta- ja muottitäryttimiä. Käytettäessä sauva tärytintä tulee huomioida, että tärytys tapahtuu pystysuoraa, tärytys väli saa olla maksimissaan 8-10x tärysauvan halkaisija ja tärytys tulee ulottaa noin 150 mm edelliseen valukerrokseen. Suuremmissa valuissa, joissa valu suoritetaan kerroksittain, uuden kerroksen betonointi aloitetaan, kun valu on edennyt 5-10 metriä. Betonimassaa ei saa siirtää muotissa täryttämällä, erottumisvaaran vuoksi. Tiivistämisen tarve on riippuvainen massan notkeudesta, nesteytetyn betonin tiivistämisen tarve on pienempi kuin jäykkien massojen. [6. s.70-71.]



Kuva 9. Betonointiohje XC2...XC4, XS, XD, XF ja XA -rasitusluokkien seinämäisen rakenteen betonointiin. [6. s.71]

Rakennesuunnittelija määrittelee käytettävälle betonimassalle lujuuden, suurimman sallitun raekoon, käyttöiän, betonipeitteen nimellisarvon sekä rasitusluokat. Kyseiset tiedot on merkitty rakennekuviin. Rasitusluokat määräytyvät olosuhdetekijöiden perusteella.

Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio, XC-luokat

Betoni suojaa raudoitusta korroosiolta sekä fysikaalisesti että kemiallisesti. Kemiallinen suoja perustuu betonin korkeaan emäksisyyteen (pH noin 13..14), jolloin teräksen pinnalle muodostuu tiivis oksidikalvo. Betonin emäksisyys laskee, kun se reagoi ilman hiilidioksidin kanssa. Tätä kutsutaan karbonatisoitumiseksi. Raudoituksen kemiallinen suoja häviää, kun betonin pH laskee alle 9 ja tällöin teräksen korroosio voi alkaa. Karbonatisoitumisnopeus riippuu ympäristöolosuhteista, betonin koostumuksesta ja betonipeitteen paksuudesta.

Kloridien aiheuttama korroosio, XD- ja XS-luokat

Kloridit voivat käynnistää teräskorroosion huolimatta betonin emäksisestä ympäristöstä. Teräskorroosion aiheuttama terästen poikkipinnan pieneneminen ja korroosiotuotteiden aikaansaama betonipeitteen lohkeamien lyhentävät oleellisesti rakenteen elinikää. Raudoituksen riittävä betonipeite, mahdollisimman tiivis betoni sekä pienet halkeamaleveydet ovat paras suoja kloridien aiheuttamaa korroosiota vastaan.

Jäätymis-sulamisrasitus, XF-luokat

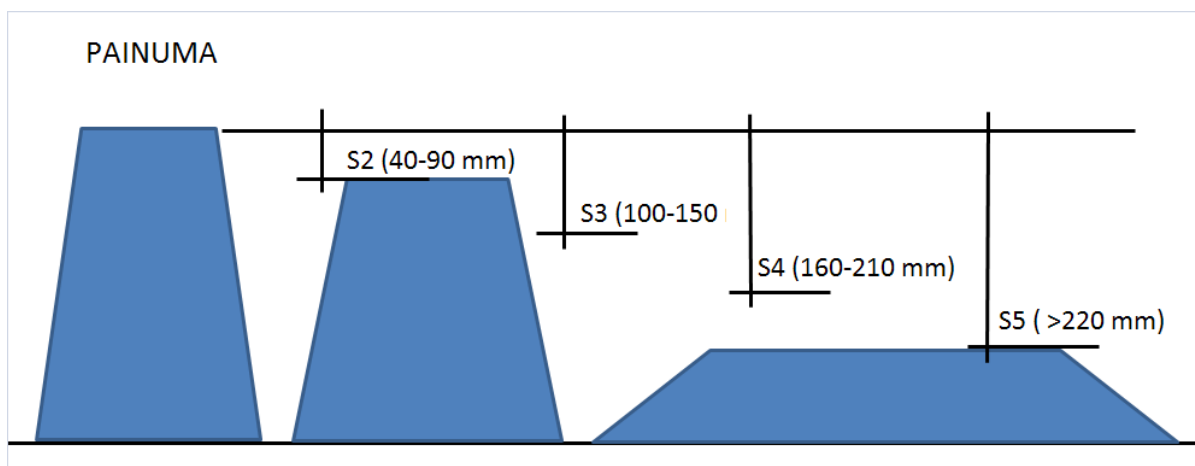
Pakkasrapautumisen betonissa aiheuttaa pääasiassa kapillaarihuokosissa jäätyvä vesi. Betonikohdistuva pakkasrasitus voimistuu, kun mukana on suoloja. Suolojen vaikutuksesta kosteutta imeytyy betoniin entistä alhaisemmissa lämpötiloissa ja suolat kasvattavat jäätymispainetta. Betonin pakkasenkestävyyttä voi parhaiten parantaa betonin huokostamisella.

Kemiallinen rasitus, XA-luokat

Betonin kemiallinen vaurio johtuu Suomessa yleensä siitä, että betoniin kulkeutuu ympäristöstä aineita, jotka joko happamina liuottavat sementin hydrataatiotuotteita ja heikentävät niiden ominaisuuksia tai paisuttavat sementtikiveä ja sitä kautta vaurioittaa rakennetta. Kemiallisen korroosion edellytyksenä on se, että haitallisten aineiden lisäksi betonissa on vettä jossain muodossa. Tyypillisimpiä betonille vahingollisia aineita ovat mm. sulfaatit, hapot ja aggressiivinen hiilidioksidi.

Kuva 10. Rakenneluokkien määräytymisperuste lyhyesti. [16.]

Betonimassan työstettävyyttä arvioitaessa tarkastellaan yleisesti massan notkeutta. Notkeutta arvioidaan painumakokein tai leviämänä. Eri luokille on määritelty omat painuma- ja leviämitat. Massan tärytysaika on riippuvainen massan notkeudesta.



Kuva 11. Painumakokeen raja-arvot eri notkeusluokille [17.]

Notkeusluokka	Tärytysaika s/m ³
• S3	200
• S2	300
• S1	350

[2. S.328].

Itsetiivistyviä betonimassoja ei tarvitse tiivistää, vaan painovoima tiivistää betonimassan. Valettaessa itsetiivistyvällä massalla pystyrakenteita ei valun nousunopeutta tarvitse rajoittaa vaan valu tulee suorittaa mahdollisimman nopeasti ilman taukoja. Tässä tulee kuitenkin huomioida, ettei muotin valupaine ylitä sen kestävyyttä. Valuputki tulisi sijoittaa jo valettuun betoniin noin 0,5 metriä, samoin kuin vedenalaisissa valuissa, syynä tähän on valun yläpinnan nopea kovettuminen alhaisen vesimäärän vuoksi. [6. s.70.]

Jopa hyvin tärytetystä betonimassasta erottuu pintaan vettä ja sementtiliimaa, tämä huonontaa pintabetonin ominaisuuksia verrattuna muuhun betoniin. Koska kiviaines ja sementti ovat vettä painavampia, vajoavat ne alaspäin nostaen vettä pintaa. Tapauksissa joissa vajoaminen on estetty esimerkiksi poikkileikkaus muutosten tai raudoitustankojen kohdalla, voi se aiheuttaa halkeamia. Näitä kutsutaan plastisen painuman aiheuttamiksi halkeamiksi ja niitä voidaan ehkäistä jälkitärytyksellä. Jälkitärytys tarkoittaa jo kertaalleen tärytetyn kohdan uudelleen tiivistämistä. Jälkitärytys tehdään ennen betonin sitoutumista. [2. s.72.]

Massassa saattaa myös tapahtua plastista kutistumaa, joka tarkoittaa betonimassan kutistumista vaakatasossa. Kutistumaa tapahtuu silloin kun betonin pinnalta haihtuu liian nopeasti vettä, tämä aiheuttaa pintaan vetovoimia. Vetovoimat vetävät hiukkasia lähemmäs toisiaan aiheuttaen betonin kutistumisen. Kun massan sisäinen kitka kasvaa suuremmaksi eivät runkoaineet ja hiukkaset pysty enää siirtymään lähemmäs toisiaan, jolloin betoniin syntyy halkeamia. Näitä halkeamia kutsutaan plastisen kutistuman aiheuttamiksi halkeamiksi. [2, s.73]

Edellä mainittujen muodonmuutosten lisäksi betonirakenteissa esiintyy, riippumatta jännitystapauksesta, virumaa. Virumalla tarkoitetaan ajasta riippuvaa muodonmuutosta, jota betonirakenteissa tapahtuu. Viruma selitetään sillä, että kuormituksen aiheuttama paine saa geelihuokosiin jääneen veden virtaamaan niistä pois ja sementti geeli tiivistyy entisestään. Suunnittelija ottaa viruman huomioon laskelmissaan, mutta työmaallakin tämä pitää huomioida. Viruma on suurimmillaan kovettumisvaiheessa olevassa betonissa ja hiipuu pikkuhiljaa ajan kuluessa. Jos viruma halutaan pitää rakenteessa mahdollisimman pienenä, tulee rakenteen kuormitusta välttää mahdollisimman pitkään ja huolehtia jälkituennasta rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaan. Joissain tapauksissa rakenteen viruma halutaan saavuttaa mahdollisimman nopeasti ja vähentää rakenteen halkeilu riskiä, tällöin virumaa ei pyritä estämään jälkituennalla vaan sen annetaan vapaasti tapahtua. [2. s.88-89.]

Betonimassa pysyy plastisessa tilassa sitoutumiseen asti, joka tapahtuu noin 2-4 tunnin päästä sekoituksesta + 20°C:n lämpötilassa. Sitoutumisaika riippuu sementin kemiallisesta koostumuksesta ja hienoudesta. Sitoutumisvaiheessa olevaa betonimassaa ei saa häiritä, sillä se rikkoo hydraatituotteita ja seurauksena voi olla lujuuskato. Sitoutumisvaihetta seuraa kovettumisvaihe, jonka kesto riippuu lämpötilasta ja käytetyn veden

määrästä. Kyseessä on kemiallinen reaktio, joten jo 10 °C:n lämpötilan muutos voi puollittaa tai kaksinkertaistaa sen sitoutumisajan. [2. s.51, s.69.]

Hydraatiolämmön tuotto riippuu sementtilaadusta ja se vaihtelee 250 kJ/kg - 400 kJ/kg välillä. Massiivisia betonirakenteita valettaessa liiallinen lämpötilannousu lisää halkeamisriskiä, koska rakenteen sisäosat lämpenevät enemmän ja jäähtyvät hitaammin kuin rakenteen pintaosat. Lämpötilan vaihteluita pyritään hallitsemaan, joko lämmittämällä pintaosia tai jäähdyttämällä sisäosia. Valitsemalla mahdollisimman vähän lämpöä tuottava sementti tai vaihtoehtoisesti talviolosuhteissa mahdollisimman paljon lämpöä tuottava pyritään pitämään lämpötila halutuissa lukemissa. [2. s. 56-57.]

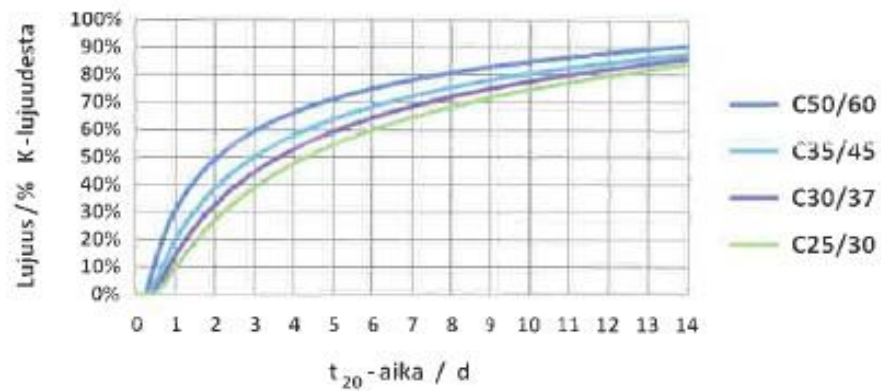
Kun betonimuotti on saatu valettua täyteen ja tärytettyä hyvin tehdään pinnan hierto. Hiertotapa riippuu halutuista pinnan ominaisuuksista. Pinnan hiertäminen tiivistää pintaa ja täyttää pienet halkeamat. hierto tehdään betonin kovettumisvaiheessa, jolloin massa on jo sen verran kovettunutta, että se kestää kävelyä.

Sandroven kaava on käsinlaskentamenetelmä, jolla voidaan arvioida betonin lujuuden kehitystä, kun tiedetään massan lämpötila eri vaiheissa.

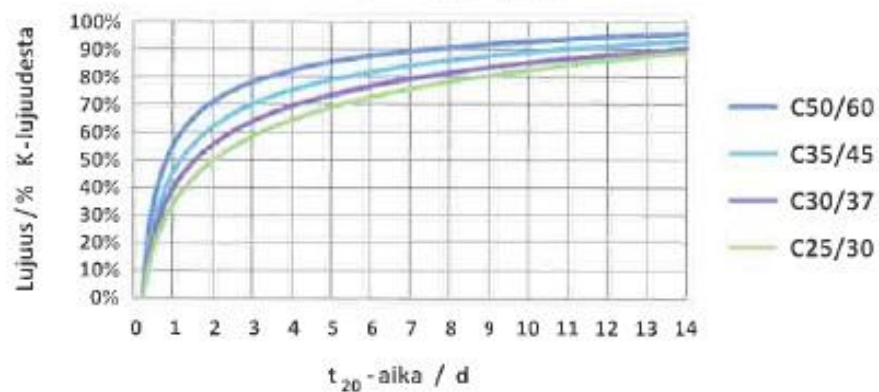
$$t_{20} = \left(\frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \times t$$

missä T on betonin lämpötila aikana t [°C]
t on kovettumisaika [d].

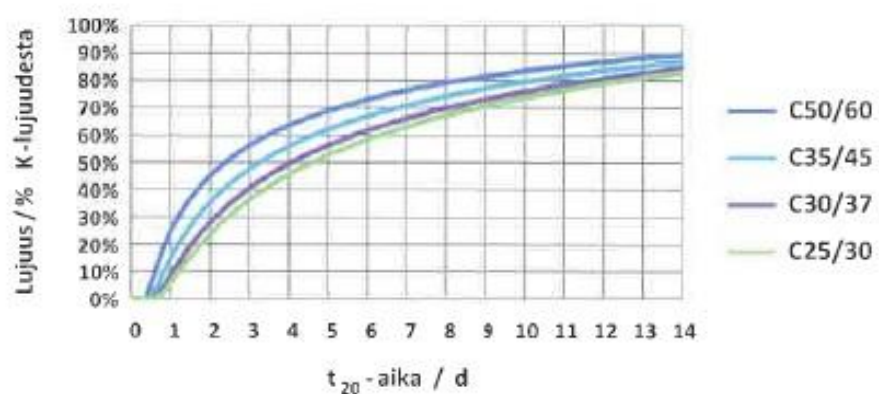
**Normaalisti kovettuva betoni
sideaine CEM II/B (S-LL) 42,5**

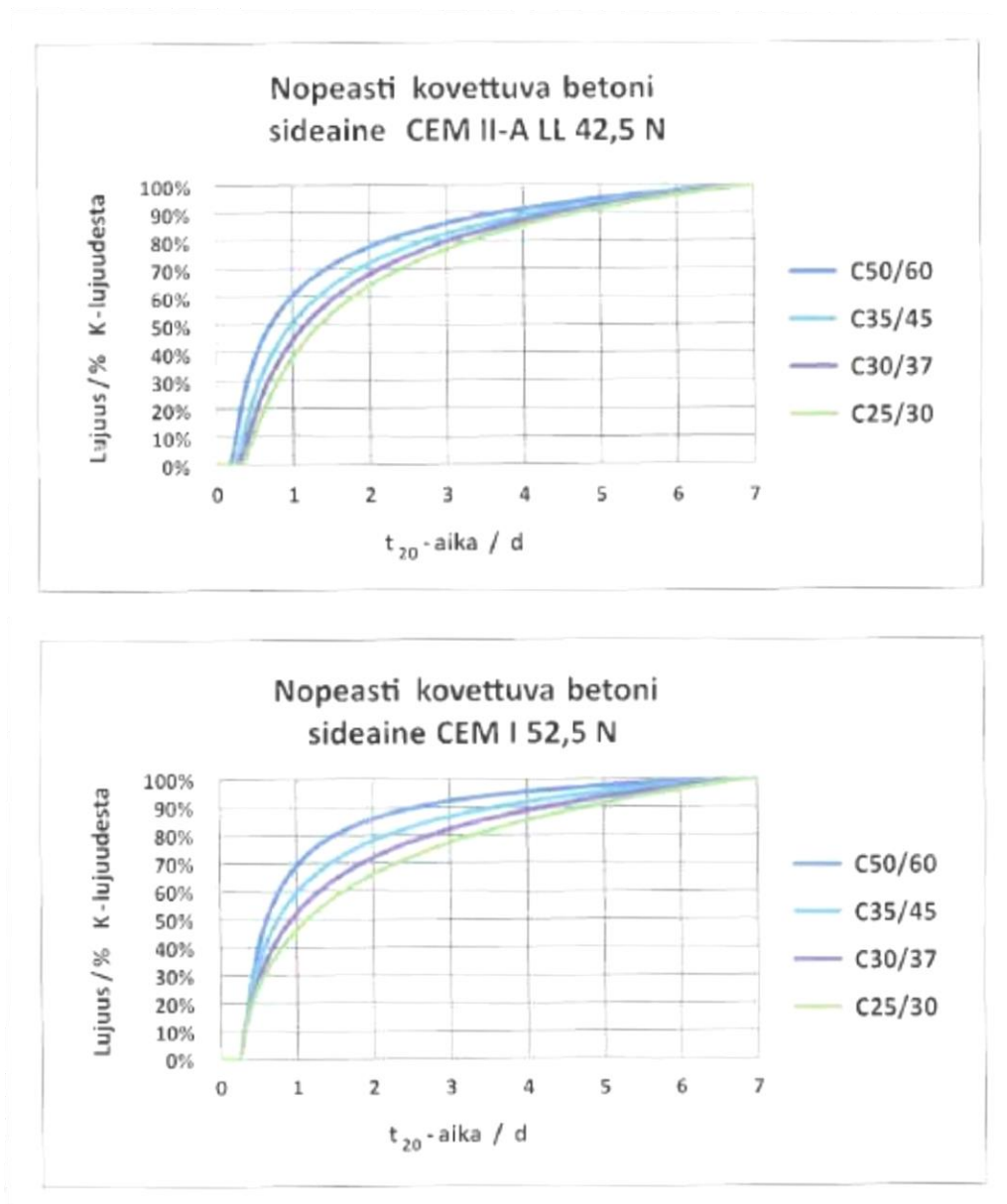


**Normaalisti kovettuva betoni
sideaine CEM I 52,5 N**



**Normaalisti kovettuva betoni
sideaine CEM I 52,5 N (65 %) + lentotuhka (35 %)**





Kuva 12. Eri sementtilaatujen kovettumiskäyrät. [6. s.74-75]

4.4.4 Jälkihoito

Jälkihoidolla tarkoitetaan betonin suojaamista sen haluttujen ominaisuuksien varmistamiseksi. Jälkihoito voi tarkoittaa, tilanteesta ja olosuhteista riippuen, betonin suojaamista tai lämmittämistä/eristämistä jäätyksen estämiseksi, joissain tapauksissa jopa jäähdyttämistä. Jälkihoito voidaan suorittaa kastelemalla, jälkihoitoaineella, hyödyntämällä muotteja, lämmöneristeillä tai tiiviillä peitteillä. Jälkihoidon voi lopettaa rasitusluokissa X0 ja XC1, kun betoni on saavuttanut 50% ja muissa kuin XF2 ja XF4 rasitusluokissa 70%

nimellislujuudestaan. XF2 ja XF4 luokissa betonin tulee olla saavuttanut 80% nimellislujuudestaan. [6. s.72.]

4.4.5 Lämpökäsittely

Betonin lämpökäsittely tarkoittaa massan lämmittämistä eri menetelmin, tarkoituksena nopeuttaa betonin lujuudenkehitystä. Betoni katsotaan lämpökäsitellyksi tilanteissa, joissa massan lämpötila betonointi vaiheessa on yli + 40°C, betonin lämpötilan nousu kovettumisvaiheessa on suurempi kuin 25° tai lämpötila kovettumisvaiheessa nousee yli + 50°C. Lämpökäsittely saattaa pahimmillaan aiheuttaa lujuuskatoa ja rakenteen liiallista halkeilua. Liiallinen lämpö voi myös häiritä betonin hydraatioreaktiota. Lämpökäsittelyissä rakenteissa tulee lisäksi huomioida, ettei rakenne jäähdy liian nopeasti lämmityksen loputtua. [21. s.125.]

4.4.6 Laadunvarmistusmittaukset/-kokeet

Betonimassan laatua mitataan valmisbetonitehtaalla tehtävin kokein. Mitattavia ominaisuuksia on muun muassa notkeus ja ilmamäärä. Myös raaka-aineiden ominaisuuksia valvotaan tarkasti. Työmaalla tehtävät laadunvarmistukset painottuvat silmämääräisiin tarkasteluihin muottien, raudoitteiden ja massan suhteen. Työmaalla seurataan betonin lujuuden kehitystä seuraamalla sen lämpötilan kehitystä. Tällä hetkellä ilmenneiden betonin lujuusongelmien vuoksi työmailla on aloitettu myös ilmamäärän mittaus massasta ennen valua, sekä kovettuneen betonin lujuuskokeet, joita tehdään joko kimmoavasarakokein tai poraamalla koepalat. Vastaava rakennesuunnittelija määrittelee kokeiden tiheyden ja laajuuden kohdekohtaisesti.

4.4.7 Ongelma tilanteet: massiiviset rakenteet ja talvibetonointi

Betonirakennetta voidaan pitää massiivisena, jos se on niin suuri, että on tarpeen ryhtyä toimenpiteisiin hydraatiolämmöstä johtuvien tilavuuden muutosten aiheuttamaan halkeilun rajoittamiseksi. Lämpötilaerot massan välillä eivät saa ylittää 20 °C yhtä metriä kohti. Suuret lämmönvaihtelut tai liiallinen lämmön nousu aiheuttaa betonille lujuuskatoa. Betonin lämpötila tulisi pyrkiä pitämään alle +60°C:ssa, jos tämä ei onnistu, otetaan sen odotettavissa oleva lujuuskato huomioon tavoitelujuutta nostamalla. Lämpötila ei kuitenkaan

saa tässäkin tapauksessa nousta yli 70°C:n, ettei betonin hydraatiohäiriintyminen johda myöhemmin rakenteen vaurioitumiseen. [6. s.76]

Kylmällä säällä betonin vesi ja kiviaines lämmitetään niin, että massan lämpötila on vähintään +5°C. Betonin suunnitelmanmukaisesta kovettumisesta on huolehdittava ja lämmitystä tulee jatkaa tarvittaessa siihen asti, kunnes betoni on saavuttanut sille asetetun jälkihoitolujuuden. Rakennetta kuormittaessa tulee huomioida lämmityksen jälkeinen lujuuden kasvun hidastuminen kylmässä. Betoni ei saa jäätyä ennen kuin se on saavuttanut sen jäätymislajuuden 5 MN/m³. Betonin lujuudenkehitystä tulee tarkkailla koko ajan lämpötilamittauksin. Betoni ei saa jäähtyä liian nopeasti lämmityksen loputtua, koska se voi aiheuttaa halkeilua. Esimerkiksi alle 300 mm paksu rakenne ei saa jäähtyä ensimmäisen vuorokauden aikana yli 30°C. [6. s.77]

5 Nykytilanne

Betoniteollisuus elää nyt murrosvaihetta, kaupungistuminen, ekologisempien valintojen tavoittelu ja digitalisaatio tuovat alalle haasteita ja kehitys on välttämätöntä. Valmisbetonien lujuusongelmat alkoivat paljastua vuoden 2016 loppupuolella. Viranomaistahot ja rakennusteollisuus reagoivat nopeasti ja jo saman vuoden lopussa oli käynnistetty selvitystyöt ja toimenpiteet ongelman poistamiseksi. Asian selvittämiseksi perustettiin yhteistyöryhmä, jonka muodostivat viranomaistahot ja niitä edustavat Tukes, ympäristöministeriö, Liikennevirasto, Rakennustarkastusyhdistys RTY ry sekä valtuutettu tarkastustaho Kiwa Inspecta. Selvitysmieheksi valittiin diplomi-insinööri Tapani Mäkikyrö, ja hänen tehtävänä oli muodostaa kokonaiskuva betonirakentamisen tilanteesta ja laatia suositukset toimista, joilla välttyttäisiin vastaavanlaisilta ongelmilta jatkossa. Selvitys korostaa, että lopputuotteen laatuun vaikuttavat kaikki tuotantoprosessin osapuolet.

Tukes tekee tällä hetkellä vielä selvitystyötä ongelmista, maankäyttö- ja rakennuslain mukaisena markkinaavalvojana. Lisäksi Aalto-yliopisto teki Robust air -tutkimuksen lujuuskatoon liittyvän betonin hallitsemattoman ilmamäärän nousun selvittämiseksi.

22.11.2016 Helsingin, Espoon ja Vantaan rakennusvalvonnat esittivät Talonrakennusteollisuus ry:lle, että se teettäisi suurten talonrakennusurakoitsijoiden kanssa selvityksen paikallavalettujen betonirakenteiden vaatimuksenmukaisuuden toteamiseksi. 7.12.2016

päätettiin, että näissä edellä mainituissa kaupungeissa, edellytetään jatkossa pätevän asiantuntijan lausunto betonirakenteiden lujuudelle ja vakaudelle asetettujen vaatimusten täyttymisestä. Selvitykset tehdään joko koekappaleiden avulla, kimmovasaralla tai muulla saman luotettavuuden omaavalla tutkimustoimenpiteellä. Lausunnon antaja määrittelee tarkemmin riittävät tutkimustoimenpiteet. [7.]

Tällä hetkellä on selvää, ettei betonin laadun omavalvonta nykyisellään riitä varmistamaan lopputuotteen laatua.

5.1 Lujuusongelmat

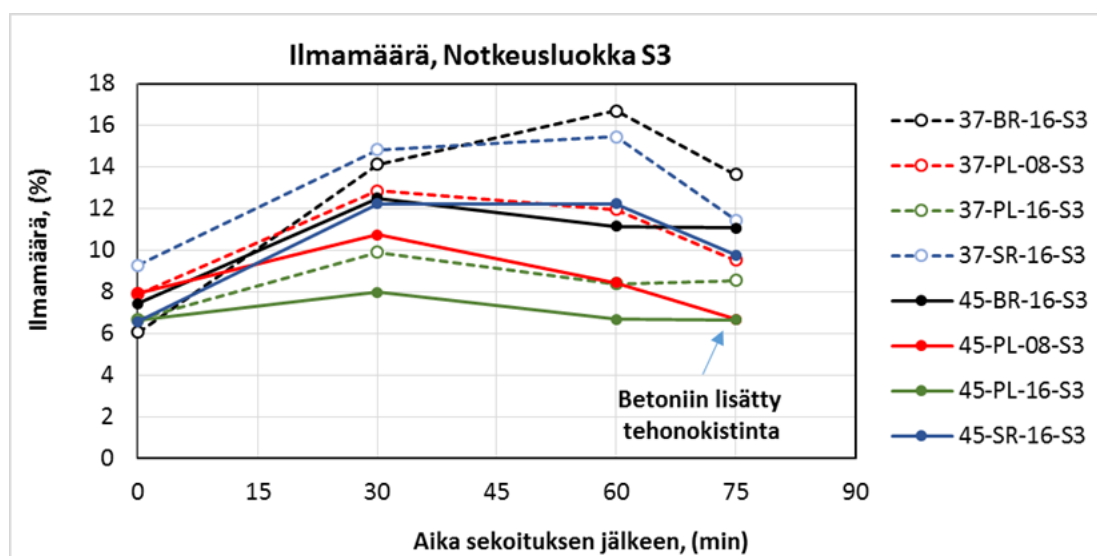
Vuoden 2016 syksyllä Turussa havaittiin kahdella eri työmaalla; T3 sairaalatyömaalla ja Harppuunaparkin työmaalla, betonin laatuongelmia. Jo aikaisessa vaiheessa todettiin, ettei betonin lujuus tule vastaamaan sille asetettuja tavoitteita. Rakennustyöt keskeytettiin molemmilla työmailla yhteispäätöksellä, lopputuloksena sairaalatyömaan rakenteita purettiin ja Harppuunaparkin työmaan käyttöikää laskettiin. Inspecta totesi tutkimuksissaan, että työmaille oli kuitenkin toimitettu sellaista betonia, mitä pitikin. Voitiin siis todeta, että joko valmistuksessa, kuljetuksessa tai työmaalla on tapahtunut jotakin, joka on olennaisesti vaikuttanut betonin laatuun.

Vuoden 2016 keväällä Kemijärvellä valetussa sillassa havaittiin samantyyppisiä lujuusongelmia. Ongelmat paljastuivat, kun jännepunosten ankkurit alkoivat jännitettäessä painua betoniin ja sillan päät halkeilivat ankkurialueella. Lopputuloksena sillan betonirakenteet purettiin ja valettiin uudestaan eri betonireseptillä.

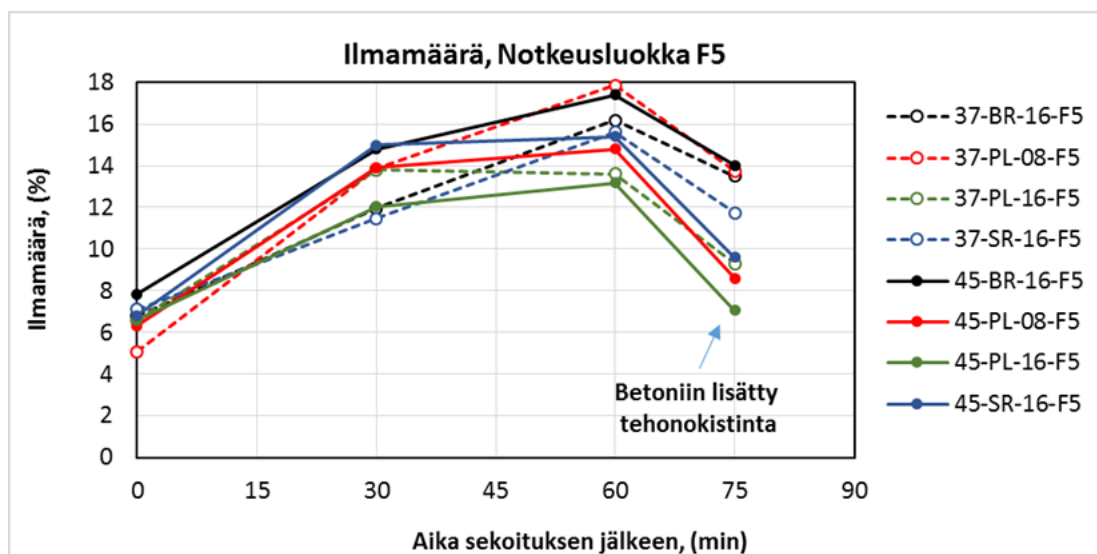
Yhteistä näille kohteille oli, että betonirakenteista mitattu ilmamäärä oli 2 kertaa suurempi kuin juuri ennen valua betonitoimittajan työmaalla mittaama ilmamäärä. Puristuslujuus oli ilmamäärän nousun myötä alentunut radikaalisti. Ongelma koski pääosin tehokkaasti huokostettuja ja notkistettuja, vaativiin ympäristöolosuhteisiin tarkoitettuja betonireseptejä. Asiantuntijoiden näkemys on, että kohonnut ilmamäärä liittyy lähtökohtaisesti uudentyyppisiin synteettisiin lisäaineisiin. [7.]

Robust Air on Aalto-yliopiston tekemä tutkimusprojekti, jossa tutkittiin sekä lisäaineita että betonin ominaisuuksia. Tutkimuksen tavoite oli selvittää suojahuokoistuksen stabiilisuus, kun käytetään eri polykarboksylaattipohjaisia tehonotkistimia, huokostimia sekä erilaisia betonin koostumuksia. Kaikki kokeet tehtiin samoilla lisäaineilla vaihdellen betonin lujuusluokkaa, sementtityyppiä ja massan notkeutta. Ilmamäärät nousivat kokeissa vielä sekoituksen jälkeen huomattavasti, yhtä yksittäistä tekijää ei pystytty nimeämään, mutta betonin notkeus oli yksi merkittävimmistä tekijöistä. Lopputuloksena voitiin todeta, että jokaisella betonilla on ilmamääräpotentiaali eli niin sanottu maksimi ilmamäärä, joka riippuu lisäaineista, betonin koostumuksesta ja sementtityypistä, sekä betonin notkeudesta. Jotta ilmamääräpotentiaali voidaan saavuttaa jo varsinaisen sekoituksen aikana, tarvitaan tehokas sekoitus. Jos tätä ei saavuteta tehtaalla, vaarana on ilmamäärän nouseminen kuljetuksen ja pumppauksen aikana. Kuten taulukosta 1 ja 2 voidaan todeta lähes poikkeuksetta, näillä lisäaineyhdistelmillä, betonin ilmamäärä nousi vielä 60 minuuttia sekoituksen päätyttyä. [8.]

Taulukko 1. Betonin ilmamäärän kohoaminen esitettynä graafisesti notkeusluokassa S3, Robust Air [8.]



Taulukko 2. Betonin ilmamäärän kohoaminen esitettynä graafisesti notkeusluokassa F5, Robust Air [8.]



Vastuun epäselvyys on yksi mahdollinen ongelman aiheuttaja. Rakennuskohteen tilaajalla on omat vaatimuksensa rakenteille, mutta valmisbetonitehtaan näkökulmasta tilaaja on valu-urakoitsija, joka tilaa tuotteen. Valu-urakoitsijalla ei välttämättä ole tiedossa kohteen tilaajan vaatimuksia. Yhteiset työmaakokoukset betonin toimittajan ja rakennuttajan edustajan kanssa poistaisi epäselvyyksiä. [7. s. 15.]

5.2 Tehdas

Inspecta Sertifiointi Oy on saanut ympäristöministeriöltä vahvistuksen toimia valmisbetonin vapaaehtoisen varmennustodistuksen antajana. Tällä todistuksella varmennetaan, että valmisbetonin laadunvalvonta täyttää sille varmennustodistuksen arviointiperusteissa sille asetetut vaatimukset. Vaatimukset perustuvat eurooppalaiseen valmisbetonia koskevaan standardiin SFS-EN206, sekä suomalaiseen soveltamisstandardiin SFS 7022. Tässä menettelyssä betonin laadun valvonnasta huolehtii betonin valmistaja eli betonitehdas ja se kattaa laadunvalvonnan, näytteidenoton ja toimitetun tuotteen laadun. Valmistuksen laatu tarkastetaan Inspectan toimesta tarkastuskäynneillä, joita se tekee tehtaille kerran tai kaksi vuodessa. Tarkastuksissa selvitetään henkilöstön pätevyys, tehdään valmistus- ja annostelulaitteistot, laboratoriolaitteet ja raaka-aineiden laatu. Lisäksi

laadunvalvonta prosessia tarkastellaan lujuusvaatimusten täyttymisen, huokostetun betonin ilmamäärän ja pakkasen kestävyys, sekä raaka-aineiden punnituksen tarkkuuden ja oikean vesimäärän osalta. [7.]

Betonin valmistus on kaupankäyntiä, tavoitteena riittävä kate ja riittävä laatu. Massan kallein osa aine on sementti, joka kattaa noin 50% betonin tuotantokustannuksista, lisäksi kustannustehokkuuteen vaikuttaa muut raaka-aineet, sekä valmistus- ja sekoitus-aika. Alan hintakeskeisyys vaikuttaa negatiivisesti laadun kehittämiseen. Suurien tilausmäärien johdosta tehtailla tehdään parhaillaan erilaatuisia betoneja samaan aikaan eri kohteisiin, tästä seuraa myös mahdollisesti logistisia ongelmia.

Kustannustehokkuutta on pyritty lisäämään ja massan ominaisuuksia parantamaan erilaisilla lisäaineilla, huokostimilla ja notkistimilla. Viimeaikaiset lujuuskadot on osaksi yhdistetty näihin lisäaineyhdistelmiin. Lisäaineiden yhteensopimattomuus johtaa pahimmillaan sekoituksen, laadun- ja ilmamäärän mittauksen jälkeiseen lisääntymiseen kuljetuksen, lisäsekoituksen ja työmaakäsittelyn aikana. Jo 1%:n ilmamäärän nousu betonissa laskee sen loppulujuutta noin 5%. Samanlaista lujuuskatoa voi aiheuttaa betonirakenteessa betonoinnin epäonnistuminen. [7. s.21.]

Tällä hetkellä olennaista on, että valmistaja oppii hallitsemaan ilma-ilmiön betonissa riittävän stabiiliteetin saavuttamiseksi. Hallitakseen ilmiön tulee tehtaiden optimoida riittävä sekoitusaika ja -teho, lisätä ennakkokokeita ja muilla tavoin varmistaa ilma-määrän hallintaa.

5.3 Työmaakäytännöt

Betonimassan tarjonta on laajentunut ja monipuolistunut, samalla nimikkeellä ja suppealla laatuyksilöinnillä voi saada erilaatuisia ja hintaisia tuotteita. Työmaan pitää pystyä esittämään tilauksen yhteydessä riittävästi tietoja saadakseen olosuhteisiin ja laatuvaatimuksiin vastaava tuote. Mahdollisia riskejä pystytään hallitsemaan vielä tässä vaiheessa, kun ymmärretään massan ominaisuudet ja mahdollisuudet. Työmaan tulee viimekädessä varmistaa raudoituksen mahtuminen muottiin ja sen valettavuus, sekä olosuhderiskien ja massan häiriintymisherkkyys huomiointi, sekä lujuusmarginaalin lisääminen tarvittaessa.

Ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista yhdessä MRL:n asetusten kanssa vaatii betonointisuunnitelman ja betonitöiden laadunvarmistussuunnitelman tehtäväksi työmaalla.

Valuvaihe on lyhytaikainen, ja sen onnistuminen on todettavissa lopullisesti vasta muut-tien purkuvaiheessa tai koepaloista. Koska betonista tehdään kantavia rakenteita, jotka vaikuttavat henkilöturvallisuuteen, edellytetään ammattiosaamista sekä työnjohdolta että valajalta. Ammattitaitoisen valajan ja työnjohdon tulee tunnistaa selkeät massan häiriöt, kuten esimerkiksi raju ilmamäärän nousu tai muutokset notkeudessa. Reagointi mahdol-lisiin ongelmiin massan kanssa tulisi hoitaa ennalta sovittuun tapaan. Kaikkiin mahdolli-siin häiriöihin tulee olla varautunut etukäteen ja näiden toimenpiteiden tulee olla tekijöi-den tiedossa. Betonimassaa ei lähtökohtaisesti notkisteta enää työmaalla. Notkistaessa betonia kuitenkin vielä työmaalla tekee sen betoniautonkuljettaja avoneuvon säiliössä, ja tähän vaaditaan betonityönjohtajan ja betonitehtaan lupa, lisäksi toimenpide tulee kir-jata aina ylös. Vedellä notkistaminen on kiellettyä.

Hankalissa olosuhteissa ja kiireellä työmaalla tehty valutyö ilmenee useimmiten harva-valuna. Nopea nousunopeus, kerrospaksuus sekä huono tiivistys aiheuttavat erottumista ja vajaatäyttöä, jotka heikentävät rakenteen lujuutta. Jälkihoito voi olla myös puutteel-lista, joka aiheuttaa laadullisia ongelmia. [7. s. 28-31.]

Pelkän betonoinnin ollessa omana urakkanaan, ongelmaksi muodostuu tuloskeskeisyys. Katetta syntyy vain itse valutyöstä ja se on tehtävä silloin nopeasti ja tehokkaasti, ja tällöin on riskinä, että laatu kärsii. Sopimuksia tehdessä tulisi selkeästi tuoda myös laa-tutekijät esille. [7. s. 28-31.]

5.4 Tuotantoprosessi

Tehtaiden ja työmaiden hintakeskeisyys on jättänyt laatutekijät varjoonsa. Jos tilaaja saataisiin kiinnostumaan laadusta ennen hintaa, ei kustannustehokkuus herkistäisi teh-taita optimoimaan edullisempaa betonia lisä- ja sideaineiden määrällä.

Betonin valmistus on tehtaissa normitettua ja valvottua toimintaa, kun taas työmaalla valvonta on lähinnä omavalvontaa. Betonista ei oteta koepaloja työkohteittain vaan betonitehtailla betonin tuotannosta määrävälein. Betoninormeissa on maininta ”Betonimassanlaatua valvotaan sekä betonin valmistuksen, että betonoinnin aikana” Todellisuudessa betonimassan valvonta työmaaolosuhteissa on hankalaa ja se on perustunut pitkälti silmämääräiseen tarkasteluun. Betoninormit eivät ole huomioineet aikaisemmin ongelmaa, jossa ilmamäärä kohoaa yli suunnitellun, vaan huoli on ollut ilmamäärän säilymisessä betonissa. [7. s.32.]

Olennaista olisi huomioida, että betonityöt ovat ammattitaitoa vaativia töitä ja työn suunnittelijan täytyy ymmärtää betonin toiminta ja sen suunnittelun periaatteet osatakseen hallita sen laatua. Pienelläkin lujuusmarginaalilla voidaan tuottaa laatua, jos koko tuotantoketju on hallittua ja mahdolliset riskit ovat tiedossa. Loppulaatu on kuitenkin koko tuotantoketjun summa.

Tilattaessa betonia lujuudella K MPa, betoni suhteutetaan tehtaalla niin, että sen loppu puristuslujuus on $K + 1,48 \times \text{hajonta}$ (hajonta on tehdaskohtainen luku). Työmaalla valettavan betonin pitää saavuttaa rakenteessa vähintään lujuus $0,85 \times K$, tällöin urakoitsijalle on varattu siis 15% marginaali, jos työmaa ei pysty yhtä tehokkaaseen tiivistämiseen kuin tehtaalla laboratorio. [7.]

Samaa edellyttää asetus kantavista rakenteista 477/2014: 11 § Rakennustuotteet.

”Rakennuskohteessa on käytettävä rakennustuotteita, joiden ominaisuudet ovat säilyneet muuttumattomina riippumatta siirroista, kuljetuksista, varastoinnista tai asennuksesta.” [14.]

Voidaan todeta, että jokaisella tuotannon vaiheella on jotain kehitettävää. Tilaajalta odotetaan enemmän laatu keskeisyyttä sekä laatu tietoisuutta, sekä valvonnan lisäämistä. Tilaaja toimii aina laadunmahdollistajana. Betonin elinkaarikustannusten tulisi olla pääte-
kijä hankintoja tehtäessä ja harvoin halvin hinta tukee tätä. Betonitehtaiden pitää pystyä optimoimaan betonimassa, lisätä avoimuutta massan ominaisuuksista, sekä tehdä

enemmän yhteistyötä työmaiden kanssa. Työmaalla taas puolestaan pitää kiinnittää enemmän huomiota betonin valintaan, itse valutyöhön ja jälkihoitoon, sekä lisätä yhteistyötä suunnittelun ja tehtaiden kanssa.

Vastuu laatuongelmien ilmetessä ei ole yksiselitteinen, vaan se on omalta osaltaan jaettu. Kaikkien tahojen yhteinen etu olisi lisätä yhteistyötä ja kehittää alaa eteenpäin. Talonrakennusprojektissa hankkeeseen ryhtyvällä on maankäyttö- ja rakennuslain (MRL) mukainen vastuu yleisen edun osalta ja tätä vastuuta ei pysty sopimuksella siirtää. Vastuu lain edellyttämästä laadusta ja kestävydestä ympäristöön nähden säilyy ryhtyvällä. [7. s.16, 19.]

”Juridisesti tilauksen mukaisen laadun pitää täytyä tilaajan puuttuvasta laatukiinnostuksesta huolimatta. Mutta jos kauppaa käydään vain halvimalla hinnalla, siihen teollisuuden on pakko mennä mukaan ja alkaa sitä tuottaa. Huomiota ei voi silloin kiinnittää esim. betonin olosuhdehäiriöiden sietoisuuteen. Päätilaaja voi olla betonirakenteen laadun riskitekijä.” [7. s.18.]

Seuraava taulukko kuvaa erästä näkemystä eri tekijöiden vaikutuksesta betonin loppulujuuteen. Huomioitavaa on, että taulukko on vain suuntaa antava ja paikallavalettavan betonin kokonaislaatu on vaikeasti määriteltävissä ja täysin hankekohtaista.

Taulukko 3. Eri tekijöiden vaikutus betonin loppulujuuteen [7. s.17-18]

Vaihe / suoritus	Vaikutus loppulujuuteen (28 d) rakenteessa %
Virhearvio, hienon kiviain. kosteus → Koostumusmuutos	5 % tarkoittaa esim. 2 MPa (C40/50)
Ilmamäärän kohoaminen +10 til.-%	(-5 / +5) yht. noin 4 MPa
Betonin poikkeava notkeus työmaalla	(-50 / 0)
Ilmamäärän mittauksen epätarkkuus	(-10/+5)
Betonin erottuminen valussa	(-10/+10)
Puutteellinen tiivistys valussa	(-5 / +5)
	(-20 / 0)
Lujuusmuunnokset koekpl-tyyppien välillä	(-5 / 0) Oletus 2 MPa
Puutteellinen jälkihoito	(-15 / 0)
Kovettuminen kylmissä olosuhteissa	(28 d) (-30/ 0)
Puristuslujuuskokeen hajonta	(-2 /+1)

6 Tulevaisuus

Lujuusongelmien paljastuminen voidaan nähdä myös hyvänä asiana, ala on herännyt tekemään enemmissä määrin yhteistyötä ongelman ratkaisemiseksi ja alan kehittäminen on väistämätöntä. Muutokset vanhoissa käytännöissä ovat välttämättömiä vastaavalaisten ongelmien ehkäisemiseksi. Yksi taustalla kaikkeen tekemiseen vaikuttava tekijä on yhteistyön ja avoimuuden puute. Syyttelevä ilmapiiri ei korjaa ongelmaa vaan tarkoitus olisikin saada mahdollisimman moni osapuoli ihan kohdekohtaisesti saman pöydän ääreen, jotta löydetään parhaat ratkaisut.

7 Laadunhallinta YIT:llä

YIT:n yhdeksi strategiseksi kivijalaksi on määritelty ”Laatua aina”. Yritys pyrkii monin keinoin ylläpitämään ja parantamaan omaa laatuaan. Yksi suuren yrityksen haaste on laadukkaan lopputuotteen tasalaatuisuus, sillä laatu käsitteenä ei ole yksiselitteinen. Eri henkilöillä on eroavat käsitykset laadusta. Lait ja sisäiset ohjeet varmistavat aina laadun minimitason, mutta paremman asiakaskokemuksen luomiseksi tämä taso tulee ylittää. YIT:llä on käytössä paljon apuvälineitä laadun tuottamiseksi. Yrityksen sisäisestä järjestelmästä löytyy laatukortteja eri työvaiheille, laatonormeja, vakioituja tuote ratkaistuja, hyviä ja huonoja käytäntöjä havainnollistamaan. Yritys on ymmärtänyt, että alalla voi erottua tuottamalla tasaista hyvää laatua, pyrkimällä kehittämään sitä ja luomalla innovatiivisesti uusia ratkaisuja. Keväällä 2017 YIT:n ARK-yksikkö kävi tuotannon toimihenkilöille suunnatun laatukoulutuksen. Koulutuksen tarkoituksena oli löytää yhdenmukaiset toimintatavat ja keinoja turvata laatu. Koulutuksen pohjalta päätettiin ottaa käyttöön yksinkertaistetut kohdekohtaiset laatukortit, jotka palvelevat aina työn suunnittelusta työn vastaanottoon asti. Laatukortin itsessään ei ole uusi keksintö, mutta tällä kertaa kortista oli tarkoitus luoda toimiva työkalu eikä vain uutta pakollista lomaketta täytettäväksi. Laatukortteja tuottavat työnjohtajat itse työmailla ja ne tallennetaan yhteiseen käyttöön yrityksen järjestelmään.

8 Yhteenveto

Tämän työn tarkoitus oli käydä läpi koko betonointityö alusta loppuun, luoda selkeälukui-
nen ohje, miten jokainen vaihe saadaan vietyä laadukkaasti läpi ja tuoda esille tyypilli-
simpiä virheitä ja antaa keinoja välttää ne. Lisäksi työn oli tarkoitus herättää työnjohtajia
ajattelemaan keinoja lisätä yhteistyötä eri osapuolten välillä. Yrityksen tulee toimia laa-
dukkaan lopputuotteen mahdollistajana, suunnittelija varmistaa rakenteen turvallisuuden
ja toimivuuden, työpäälliköt kokoavat työryhmän, jolla on ammattitaitoa ja keinoja tuottaa
suunniteltua laatua ja työryhmän tulee noudattaa betonointi ohjeita. Jokaisella on oma
roolinsa prosessissa. Haasteena laadun tuottamiselle on liika hintakeskeisyys tai epä-
selvät urakka ja vastuu kokonaisuudet. Esimerkiksi, miten yrityksen oma betonityönjoh-
taja voi varmistua lopputuotteen laadusta, jos hän ei ole esimies suhteessa työntekijöi-
hin. Onko urakoitsijalle laatu niin merkittävä tekijä, että vaikka hänen saamisensa ovat
suoraan yhteydessä toteutuneisiin neliöihin, hän havaitessaan laadullisia ongelmia tar-
peen vaatiessa jopa keskeyttäisi työt.

Työn konkreettisena tuloksena syntyi laatukortti, jota voidaan hyödyntää betonitoissa.
Laatukortissa on lineaarisessa aikajärjestyksessä käyty läpi työn vaiheet ja tarkastetta-
vat asiat. Laatukortti on muokattavissa palvelemaan jokaisen kohteen erityispiirteitä.
Laatukortissa on myös viittaukset kyseistä tarkastusta vastaavaan kohtaan tässä opin-
näytetyössä, jolloin käyttäjä saa tarvittaessa helposti lisätietoa aiheesta.

Tämän opinnäytetyön sisältö pohjautuu useisiin kirjallisiin lähteisiin, julkaistuihin kirjoihin,
lakeihin, ohjeisiin, artikkeleihin sekä yrityksen sisäisiin ohjeisiin.

Tämä opinnäytetyö saavutti sille asetetut vaatimukset. Työn konkreettinen hyöty selviää
vasta käytössä myöhemmin. On mielenkiintoista seurata tämän työn hyötyjä käytännön
työssä jatkossa.

Laadukkaan betonityön toteutus on monen tekijän summa. Tilaajan ja suunnittelun mer-
kitystä ei voida liikaa korostaa, koska molemmat toimivat laadukkaan työn mahdollista-
jina. Lainsäädäntö nykyisellään ei ole ollut tarpeeksi selkeää taatakseen kantavien ra-
kenteiden riittävän lujuuden ja toimenpiteisiin onkin jo ryhdytty. Jotta ala kehittyisi, jat-
kossakin tulisi yhteistyötä ja osaamista lisätä. Tietoa ja osaamista löytyy paljon, mutta

ongelma on ollut tiedon avoimuuden puute ja tiedon kulku. Tällä hetkellä eletään suhdannetta, jossa rakennetaan suurella volyymilla ja paljon. Rakentaminen on keskittynyt suurimpiin kaupunkeihin. Osaavasta työvoimasta on pulaa ja vasta valmistuneita palkataan haastaviinkin tehtäviin. Kokemuksen tuomaa osaamista esimerkiksi haastavista betonirakenteista ei välttämättä ole saatavilla.

Lähteet

- 1 Suomen standardisoimisliitto SFS-EN ISO 9000-2015
- 2 BY 201 Betonitekniikan oppikirja 2004, Suomen betoniyhdistys ry, seitsemäs painos.
- 3 Betoniteollisuus ry, tietoa betonista, luettu 22.1.2018 www.betoni.com
- 4 Vähähiilipäästöinen säänkestävä betoni opinnäytetyö, Olli-Pekka Kokkonen 2013
- 5 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Rakenteiden lujuus ja vakaus, betonirakenteet 2016
- 6 BY 65 Betoninormit 2016, Suomen betoniyhdistys ry
- 7 Rakentamisen laatuketju kuntoon, taustalla vuoden 2016 lujuuskadot, Selvitysmiehen loppuraportti 14.11.2017 Tapani Mäkikyrö
- 8 Robust air- tutkimuksen tuloksia, betonitutkimusseminaari 2017, Aaltoyliopisto Jouni Punkki & Fahim Al.Neshawy, luettu 26.1.2018 http://www.betoniyhdistys.fi/media/betonitutkimusseminaari/al-neshawy-betoni-seminaari-2017_05.pdf
- 9 OHJE: Betonimurskeen hyödyntäminen infrarakentamisessa pääkaupunkiseudulla, Helsingin, Espoon ja Vantaan kaupunki 17.3.2015
- 10 Rudus kierrättää betonia, luettu 3.2.2018 <http://www.rudus.fi/tuotteet/kierratys>
- 11 Deleten uusiokiviaines maanrakennuskäyttöön, luettu 3.2.2018 <https://www.delete.fi/services/kierratys-ja-jatteenkasittely/delekivi-uusiokiviaines/>
- 12 Ympäristöhallinnon verkkopalvelu, rakentamismääräyskokoelman mittava uudistus, luettu 4.2.2018 [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakentamismaarayskokoelman_mittava_uudis\(45560\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakentamismaarayskokoelman_mittava_uudis(45560))
- 13 Rakentamismääräyskokoelman uudistamisen tilanne ja kantavat rakenteet, RT Rakennusteollisuus
- 14 Oikeudellisen aineiston julkinen palvelu, luettu 12.2.2018, www.Finlex.fi

- 15 Ansion sementtivalimo oy, Kierrätettävä betoni, luettu 12.2.2018
<https://asv.fi/kierratettava-betoni>
- 16 Finnsementti rasitusluokat lyhyesti, luettu 20.2.2018, <http://www.finnsementti.fi/tietoa-betonista/tietoa-betonista-suunnittelijalle/betonin-rasitusluokat-lyhyesti>
- 17 Rudus Vesa Anttila Lattiabetonien notkeus- ja lisäaineet, maaliskuu 2012, luettu 22.2.2018 <http://www.bly.fi/File/2012-2Anttila.pdf?rnd=1356604074>
- 18 YIT:n Työnjohdon laatukoulutus
- 19 Betonteollisuus ry, hiilidioksidi päästöt, luettu 22.2.2018, <http://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/betoni-rakennusmateriaalina/sementti-seosaineiden-kaytto/>
- 20 Uudenkaupungin isännöitsijäkeskus, betoniterästen korroosio, luettu 26.2.2018, <https://www.isannoitsijakeskus.fi/tietopankki/betoniterasten-korroosio/>
- 21 BY 50, Betoninormit 2012

Työvaiheeseen liittyvät suunnitelma-asiakirjat:

Käytettävät materiaalit:

1. työkohteen
tarkastaminen
(mittavaatimuksista
OK:n sijasta
mittaustulos)

Tarkastettavat asiat hyväksymiskriteereineen (kohdekohtaiset laatuvaatimukset ja työohjeet)

1	Tarkastettava asia	pvm	
	Suunnitelmiin on tutustuttu ja ne ovat toteutuskelpoiset (s.9)		
2		pvm	
	Pätevyysvaatimukset täyttyvät:suunnittelija, työnjohtaja, urakoitsija (s. 9)		
3		pvm	
	Kantavienrakenteiden laadunvarmistukseen on nimetty pätevä asiantuntija ja laatusuunnitelmaan on tutustuttu. (s.9)		
4		pvm	
	Suunniteltu massa on olosuhteisiin sopiva (työstö ominaisuuksiltaan, lujuudenkehitykseltään, vuodenaikaan nähden) (s.18)		
5		pvm	
	Muotti on suunnitelman mukainen ja tiivis. (s.10)		
6		pvm	
	Läpiviennit tarkastettu		
7		pvm	
	Raudoitustarkastus: raudoitus tyyppi, jatkokset yms. suunnitelmien mukaiset (s.12)		
8		pvm	
	Suojabetonipeite suunnitelmien mukainen. (s.12)		
9		pvm	
	Tiivistyskaluston valinta ja tiivistämistarve selvitetty. (s.19)		
10		pvm	
	Koepalat, lujuuskokeet ja mittaukset toteutettu suunnitellusti. (s.9,24)		
11		pvm	
	Pinnan vaatimukset ja hiertotapa		
12		pvm	
	Lämpötilan- ja lujuuden seuranta suunnitellusti. (s.21)		
13		pvm	
	Jälkihoito miten toteutetaan, kauanko jatketaan. (s.23)		
14		pvm	
	Purkulujuus ja purkujärjestys selvitetty. (s.11)		
15		pvm	
	Onko tarvetta lämmittää, jos on miten hoidetaan ja kauanko jatketaan. (s.23)		
16		pvm	
	Ongelmatilanteisiin varautuminen, miten toimitaan mahdollisissa ongelmatilanteissa? Onko kaikkien tekijöiden tiedossa. (s.24)		
Muuta huomioon otettavaa:			

Allekirjoitukset